

Title	人の脳の非対称性と脳幹センサーの意義(第2回 京都大学基礎物理学研究所研究報告書『電磁波と生体への影響-作用機序の解明に向けて-』,研究会報告)
Author(s)	角田, 忠信
Citation	物性研究 (2005), 84(2): 252-271
Issue Date	2005-05-20
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/110172">http://hdl.handle.net/2433/110172</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

## 人の脳の非対称性と脳幹センサーの意義

272-0826 市川市真間5-10-3

Tel&Fax 0473-71-8817

角田忠信（元東京医科歯科大学）

大脳半球優位性、脳幹スイッチ機構、脳センサー、40、60系、18日系

### はじめに

1981年に、R. W. Sperry は分割脳の左右半球の機能差の研究で ノーベル賞に輝いた。言語機能については、全体論と局在論の討議が繰り返されてきたが、100余年を経て、言語局在についての目安がついたといえよう。しかしながら、分割脳から得られた知見は、次の点で正常な脳のモデルとはいえない。第一に、分割脳は薬剤でコントロール不能な脳損傷によるてんかん患者であったこと。第二に、脳梁が働かない。第三に、脳梁切断後に長期間続けられた可能性の高い、薬物投与の影響が考慮されていないことである。脳梁の切断によって、左右の機能差は拡大して、貴重な成績は得られたが、正常者としての基本的な生理機構は喪失していることに注目する必要がある。

私は1965年よりツノダテストを開発し、脳損傷例の診断から、健常者の脳の生理機構の研究を続けてきた。本法による基本データは、日本人では母音は子音と同様に左脳優位、多くの純音、機械音は右脳優位を示すことで、これを出発点として研究を進めてきた。未知の世界は、新しい概念と方法から拓けてくるはずであるが、この研究中に上位脳幹に位置すると推測される、脳幹スイッチ機構を発見し、日本語人（日本語を母国語とする人）の特徴を明らかにした。

一方、最近の人の脳の研究の主流は、最先端技術を駆使して、主として、大脳皮質、小脳などの頭蓋の表層に近い領域に向けられて発展しているが、中心脳のスイッチ機構や日本語人の発見には至っていない。

脳幹スイッチ機構は聴覚情報の左右への振り分けに止まらず、最高のセンサー、またはロボットとして、人の高次の行動を無意識のうちに統合、支援する働きをしている。

A章ではこの研究の発端からの流れを説明し、人の脳には正確な1秒の基本時間単位を備えていると結論するに至った経過を説明する。

B章では、最近提起された、人の脳内の時間処理に関する拙論とは異なる、興味深い研究

を取り上げ、ツノダテストの結果から、脳内に基本時計の存在する根拠は揺るがないことを明らかにする。

C章では、正確に18日周期で人の脳に出現する18日系についての知見を紹介する。

## A 脳幹スイッチ機構の発見と研究の経過

### 1 人の中心脳に想定されるコンピュータへのアプローチ

最近の最先端技術は人工のコンピュータを駆使して、外界にある対象を徹底的に分析する方法をとっている。人の脳の研究でも画像中心の研究が主流になっているが、研究対象が脳機能の統合的働き、特に、深部にある中心脳の精緻な機構の解明になると、最先端科学に期待された結果は出ていない。中心脳のコンピュータと安全にアクセスするには、人が総体で、精緻な統合的な運動と感覚のフィードバックの経路の中に取り込む方法しかない。角田は精緻な指のリズム運動と聴覚のフィードバック系を介して、中心脳の解明を1965年より行ってきた。そして、皮質下には自動スイッチ機構という精緻な自動処理系の存在することを発見した。図1)

それは刺激音の持つ純粹に物理的なスペクトルによって、言語音と非言語音に自動識別して左右の半球に選別するシステムである。さらに、太陽系の運行（地球の公転、自転、月齢など）と正確に同期する変化を示すシステムでもある。

我々は意識と無意識の世界を別のものと区別しがちであるが、人が会話をする過程を考えると、明らかに、意識的な心の働きで会話は進行するが、文脈の数行先まで準備はしていない。心で話そうと思うと、次の瞬間に、発声された言葉を聴き、其れを頼りに話を続ける。発話の過程は、音声学的に研究し尽くされているが、日本語であれば、発話の過程は意識せずに、生得的、または学習で獲得した精緻な感覚と運動の統合系のロボットに依存している。日常的な意志的な行為についても、全て高次の統合系が無意識のレベルで支援していると考えざるを得ない。

Penfield, W は、多数のてんかん患者の観察と、開頭した大脳皮質に加えた弱い直流電気刺激によって起こるフラッシュバック現象（過去に記憶した視覚、聴覚の体験が脳の特定部位の刺激で再現される）と声の反応、及び記憶機構の研究から、大脳半球は高位脳幹と一体となった機能的単位を構成しているとした。感覚と運動の両インパルスを集中的に統合制御する中心統合系を視床まで含めた高位脳幹の内部に想定し、人の脳の至高の中樞は上位脳幹に存在するという中心脳仮説を提唱した。てんかん発作によって至高の中樞が傷害され、意識をなくしても、その下位にある運動と感覚を統合するコンピュータ

(ロボット)の自動的な働きに切り替わって、意識の無い状態でも、そのままピアノを弾き続けたり、部屋の中を歩き回ることができるという。(自動症) 図2

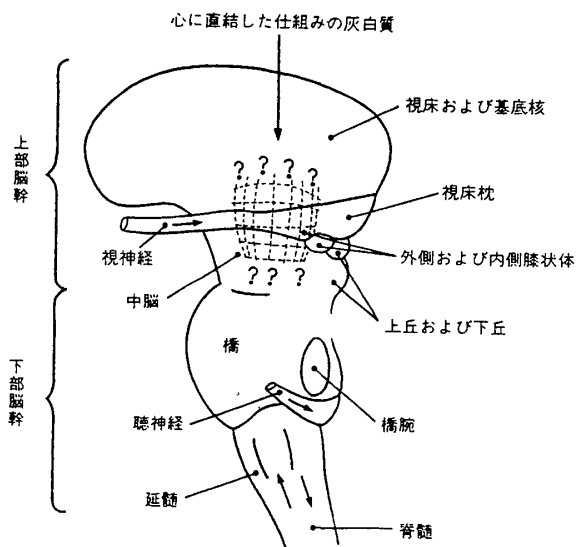
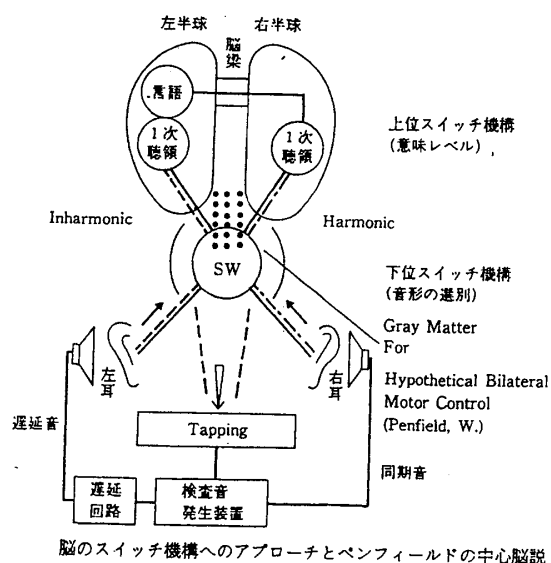
スイッチ機構の正確な解剖学的所在の確認は出来ないが、左右の聴神経が脳幹に入り、左右に交差する線維と同側を上行する線維に分かれて、全ての感覚系の関与する視床に至るまでの領域と推測される。

この聴覚と運動の回路を利用するツノダテストは、Penfield のいう至高の中枢の直下にあるとされるコンピュータに聴神経をかいして直接働きかけると想定される。

## 2 聴覚による左右の脳の機能差の研究

聴覚を利用して人の左右の脳半球の優位性を研究する方法は、キムラ D.が開発した dichotic listening 法に始まる。両耳から同時に異種音刺激を3対連続的に与えて、聴いた限りの音を全て答えさせる方法である。聴神経は脳幹部で交叉性と非交叉性に分かれるが、両耳の競合状態では交叉性線維が優位に働く。このため、左半球に言語中枢のある大部分の人は、右耳は言語、数字。計算に対して正答率が高い。一方、音楽のメロディーは左耳の正答率が高い。このように、左右差を検出するには、左右の脳に異なった刺激を与えて、両者を競合状態にする必要がある。キムラ法は音の物理的特徴を分析的に研究するには不適當と考え、ツノダテストを開発した。

第1図 脳のスイッチ機構へのアプローチ 第2図 ペンフィールドの中心脳説



### 3 ツノダテストとその特徴

この方法の原理は、会話中に聴覚のフィードバックを0.2秒遅延させると、言葉が乱される現象を利用した方法である。すなわち、指の細かな一定のリズムの打叩運動を引金として、一発毎に25～75ミリ秒の音を発生させる。(… …… ……)

この指運動と同期する音をモニタすると、正確なリズム運動は容易である。音を0.2秒遅延させると、指のリズムが障害されて、記録計にリズムの乱れ、打叩数の間違い、圧力変化などが記録される。これによって正確な聴力検査が可能になる。(tapping test) この現象を利用して、片耳で同期音に注意を集中して打叩させ、他耳から同種の遅延音を与える。被験者には同期音だけに注意を集中させ、妨害音を無視して打叩させる。この競合状態のなかで、どちらの耳が反対耳からの妨害音の大きさに耐えうるかを比較する。左右差はdB差で表わされる。

大多数の日本人は持続母音は右耳、純音、白雑音は左耳優位となる。熟練した被検者では優位差は60dB以上に達するのが一般である。交叉神経が優位であるから、左半球は母音、右半球は純音、白雑音に優位と解釈される。(図3)(図4) ツノダテストは連続音なら何でも使えるという利点があり、持続時間1ミリ秒から300ミリ秒の間で成績に差は無い。遅延時間は0.125～0.3秒の間で最適の条件を選ぶ。遅延時間を変えても、成績は一定で変わらない。また、打叩は左手、右手、両手、さらに、足でも成績に差は見られなかった。持続時間が10～75ミリ秒の短音では音の識別は出来ないが、言語音は右耳、非言語音は左耳に振り分けられる。このように、音の種類や意味を意識すること無く、検査音の持つ物理構造によって自動的に左右に選別するのがこの方法の特徴である。

### 4. 脳内スイッチ機構の精度

多くの複合音を使った実験結果は表1に示した。日本語で生育した人では、二つ以上の組み合わせ音の周波数比が倍音構造を示す、ハーモニックの比になると左耳優位となるが、倍音構造を持たないインハーモニックの比になると、右耳優位という極めて整然とした分担を示す。言語音であっても、ハーモニックな構成音を含むように、持続母音や子音/た/を歪ませて過大な高調波歪を持たせると、被験者は/た/と識別し、発声者の性別を区別できても、右耳優位から左耳優位に逆転するという規則性を示した。この現象の意義は重要で、ツノダテストは皮質レベルで意味として処理されるのではなく、皮質下の音の物理構造を選別するスイッチ機構の機能が優先することを示している。不連続な音節/た/、/ぱ/や音楽のメロディはコピー法によって応用が可能になった。

スイッチ機構は図1に示すように、左右の脳半球に分かれる手前の脳幹を中心として、左右の聴覚野と照合し、さらに、中脳網様体を含む非特殊経路や小脳を加えたシステムを

想定している。この機構は、異種感覚間の統合と感覚と運動の統合などに重要な役割を果たしていると考えられる。このスイッチ機構の概念は、1976年に提起したもので、表1に示すように2つ以上の組み合わせ音に含まれるFM成分は左右の選別に決定的な役割を果たしている。日本人の脳は音の構造から左のインハーモニックの脳と右のハーモニックの脳に大別される。

図3 ツノダテスト

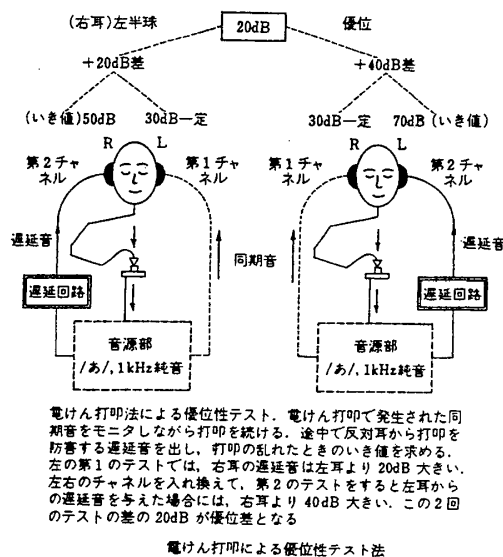


図4 日本人正常者92名の成績(60年代)

左半球(右耳)優位	右半球(左耳)優位	
dB40 30 20 10 0	0 10 20 30 40dB	
A ←	→ P	正常型 66名 71.7%
P ←	→ A	逆転正常型 7名 7.6%
A ←	→ P	優位差の少ない型 17名 18.5%
C ←	→ C	一側病的偏移型 2名 2.2%
A ←	→ C	
P ←	→ C	
W ←	→ W	
A 母音あ P 1KHz 純音		C 子音Pa (2倍加速)
W ホワイトノイズ		

表1 音形から見た日本人の優位性

	左半球(右耳) 優位	右半球(左耳) 優位
言語音 CV	母音 (F <sub>1</sub> +F <sub>2</sub> )	機械音
音	2つ以上の組み合わせ音で周波数比が整数倍でない場合	すべての周波数
形	2つ以上の組み合わせ音でその1つがFM 1.5%以上および2つともFMを0.1%以上含む場合。(母音の特徴)	FM, AM, パルス波
環境音	ことば 感情音、人の声(泣、笑、嘆、軒)	歌声の一部
音	ハミング	高調波歪をもった人声
	自然の音、虫・動物の鳴声、小川のせせらぎ、雨風、波	機械的な雑音
	邦楽器音	オーケストラ
		西洋楽器音
言語・計算		
感情 自然		
有機的		もの 無機的

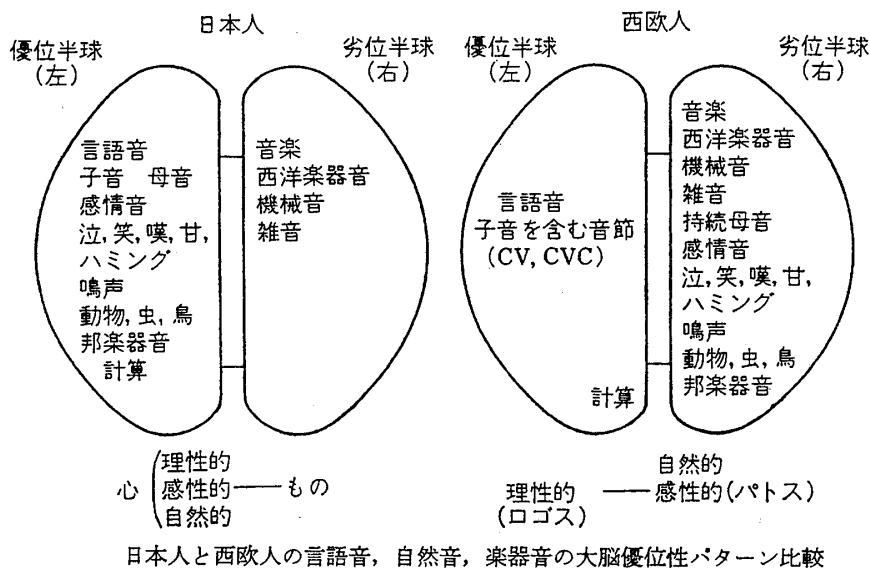
表2 非言語音の優位性に影響を与える因子

左半球(右耳) 優位	右半球(左耳) 優位
40 30 20 10	10 20 30 40 dB
(持続母音あ) A	P (純音) (正常)
(子音-母音た) CV	
P ←	→ P
	(純音の優位性) の逆転
1. 言語刺激	話す、聴く、読む、書く、構音器の運動
2. 外国語の影響	既知の外国語を聴く、読む、話す、書いたあと長時間にわたって復原しない。
3. 薬物投与	アルコール、煙草
4. 自律神経刺激	睡眠剤、安定剤、レスタミン、etc.
5. 嗅覚刺激	患こらえ、左頸動脈の圧迫、etc.
	左鼻腔(言語半球側)の刺激に限る。
	煙草、アルコール、香水、バラ、etc.

## 5. 脳の優位性と言語環境

日本語には単独の母音や2つ以上の母音の組み合わせに有意語が多いことが、大きな特徴である。従って、日本語人は母音単音を語として認識しているから、母音の持つ音形の特徴を言語音として処理するスイッチの特性が形成される。すなわち、母音の持つ僅かなピッチの揺らぎ（FM）と各ホルマント間の周波数比がインハーモニックになる複合音は言語半球優位となる。一方、大多数の非日本語人では子音を含む音形や、2つ以上の組み合わせ音で大きなFM成分を含む音は言語半球優位、持続母音は非言語半球優位に選別するスイッチ特性を後天的に形成する。多数の日系二世、三世と帰国子女の調査から6歳～9歳までの臨界期に日本語で生育した人は、人種とは無関係に日本語型に定着する。また、言語音以外に、母音の音形に似た、人の感情音（泣き声、うめき声、笑い、嘆きなど）、自然界の多くの音、例えば、虫の音、動物の鳴き声、雨、風、波、小川のせせらぎ、さらに、伝統的な邦楽器音（尺八、琵琶、三味線、琴、しょう、しちりき、能管など）までも言語半球優位とする特徴を獲得する。

図5 日本人と非日本人の言語音、自然音、楽器音の優位性の比較



これに対して、ポリネシア語などの南方語を除く、非日本語人（西欧語、アジア諸国語など）は子音を含む音節は言語半球が優位であるが、その他の持続母音、感情音、自然音、邦楽器音などは西洋楽器音、機械音などと同様に非言語半球優位となる。

このように、脳のスイッチ機構には2種があり、b i l i n g u a l の人はそのいずれかに属していた。この様に、音形によって自動処理をするスイッチ機構は皮質下の中心脳系にあって無意識のレベルで働くから、ツノダテストは皮質レベルの関与した心理テストとは基本的に異なる。

日本人の脳の特徴について、長期間にわたって綿密且つ系統的に行はれた研究には、菊池吉晃（誘発脳波、脳波トポグラフィー、誘発脳磁図）があるが、その他に若杉直俊（ポジトロンCT）、田中吉資（L a t e r a l   e y e   m o v e m e n t による中国人と日本人の脳の比較）、中国、高成華（ツノダテストによる少数民族を含む中国人の脳）などがあり、角田説を裏付けた。図5 の日本人と非日本人の特徴の比較は、1974年に発表し、その後も厳密に検討を重ねてきたものである。

#### 6. 正常者から正確な優位性を求める基本条件

最先端科学が脳の研究に応用されるようになってから、臨床診断には革命的な成果を挙げてきた。然し、正常な人の脳の聴覚情報処理の研究になると期待されたような結果はなかなか出てこない。例えば、日本人の脳の特徴である、母音は右耳優位という基本的な事実さえも明確に示した研究は殆どない。1991～2年になって、NTT武蔵野研究所で、脳磁図によって、母音は左脳優位、純音、は右脳優位というデータを大々的に報じたことがあったが、その後の展開は不明である。複雑極まりない大脳機能の中に、安定した生理過程を見出すことは、実は至難のことである。正常被験者の実験コントロールこそが実験の決め手になるのに、そのことが等閑にされているからである。特に、日本人被験者では、情動刺激によって、非言語音が容易に右脳から左脳優位に逆転することを知らなければ実験は成立しない。ハーモニックな音型にすると言語音でも左脳優位から右脳優位に逆転することは、4（脳内スイッチ機構の精度）で説明したが、右脳優位の非言語音は表2に示す条件下で左脳優位に逆転し易い。従って、これまでに報告してきたデータは、全て実験前に母音と純音、白雑音の優位性を測定して、それらが正常な特徴を示す条件下で行ったものである。

ツノダテストに限らず、誘発脳波によっても、会話を聴取する、数唱、連続加算、喫煙、香水をかぐ、さらに、外国語の使用後などに非言語音の左脳への逆転が証明されている。若杉のポジトロンCTの研究でも、実験条件の設定が成績に決定的な影響を与えることを示している。ツノダテストが通常の検査法と決定的に異なる点は、検査中に被験者の両足を床に接触させておく必要のあることである。接触をしないと、反応は即座に消失する。



これは意識下で働く脳幹スイッチ機構の特徴である、優位性を極限まで追求するには、右手、右足を同時に協調させて打叩し、右耳の同期音に注意を集中させる、-なんば法- が有効である。数年来試みているが、発振現象の抑制に役立ち、正確な測定が出来る。

#### 7 40, 60系と時間と空間情報の統合

日本語人の特徴は、自然音や社会音など曖昧の極限の音を使って初めて見いだされた。これと逆に、音の精緻の極限を求めると対象は純音に還元される。次に、音声には関与しない20～110Hzの超低周波音域を1Hz毎に各純音の優位性を、長期間にわたって測定した。音源はDF-194発振器とし、フィルタ(FV625A)で倍音の混入を防いだ。被験者は日本人10名、中国人、米国人各1名。

結果は、99Hz以下の大多数の純音は右耳優位を示し、100～110Hz間では左耳優位を示したが。例外的に、40, 60, 80Hzに限って、左耳優位のシャープな逆転を示したが、この周波数範囲では、非日本語人と共通していた。110Hz以上10000Hzまでは、日本人では40と60の整数倍の周波数の純音と、満年齢の整数倍の周波数の純音(年輪系)は右耳優位であったが、他の大部分の純音は左耳優位であった。このように、人の聴覚系は100Hz以上の音声帯域と99Hz以下の生物学的帯域に截然と二分されていることがわかる。

遺伝子工学の膨大な実験計画に刺激されて、1992年より2000年の間に、自己を対象として、100Hz以上4000Hzまでのすべての純音を1Hzごとに優位性テストを2回行った、さらに、100Hz以上10000Hzまでを1回行った。人の聴覚系は1Hz毎に測定しても、僅か10000の純音に限られること、検査法が簡便で安全であることが幸いして、ツノダテストの極微の限界まで調べることが出来た。その結果は、右耳優位を示す、40, 60系。年輪系以外に18日系などの幾つかの未知のシステムが発見されたが、それ以外の大多数の周波数は左耳優位であった。新たに見いだされたシステムのうちで、18日系については、後に説明する。

この純音を使った実験のうちで、99Hz以下の低音の実験は、予期しなかった副作用が出現して、若い被験者であっても長期間の持続は困難であった。症状には、不快感、頭重感、頭の圧迫感、眼球の乾燥感、結膜炎、唾液分泌の異常、不安、胸骨部の圧迫感、胸痛、頻脈、吐き気、記憶力の低下、注意力の極度の低下などがみられた。実験を止めて数ヶ月で回復したが、低音域の優位性のテストは危険のため、その後は行っていない。

純音の実験とは別に、100Hzより8KHzの範囲で狭帯域雑音を組み合わせせて1～1000本の組み合わせ音を作製して、優位性の研究に着手した。その結果、40, 60, 80本と満年齢の数とそれの整数倍の組み合わせ音の数は他の音と逆に右耳優位を示した。これらの特徴は視覚、触覚、振動覚にも見いだされた。(1984)

1990年代に入って、ソニ-生命情報研究所の鎌田幹夫氏の作成した1本以上200本の組み合わせ音を使用して、40, 60系に相当する、120, 160, 180, 200本でも同様の結果が得られた。この純音の周波数に限らず、視覚的にばらまかれた基石の数や、触覚、振動覚さらには組み合わせ複合音の構成数にも40, 60系として対応するという予期せぬ発見をふまえて、研究の方向は新しい段階に入った。

時間情報である純音の周波数(1秒に含まれるサイン波の数)と空間的な構成数を、無意識のうちに統合する精緻な自動処理機構が存在するからである。この現象が成立するためには、人の脳には正確な1秒の時間検知系を備えていて、外来のあらゆる純音に含まれているサイン波の数を瞬時に検出していると考えざるを得ない。1秒の時間単位は恣意的に作られたものであるのに、人の脳は、どうして正確な1秒を獲得したのであろうか。第一に遺伝的、根源的な1秒を備えていること、第二に後天的、文化的に時計の使用によって獲得したという可能性が考えられる。

図6 110Hz以下の低音純音の優位性

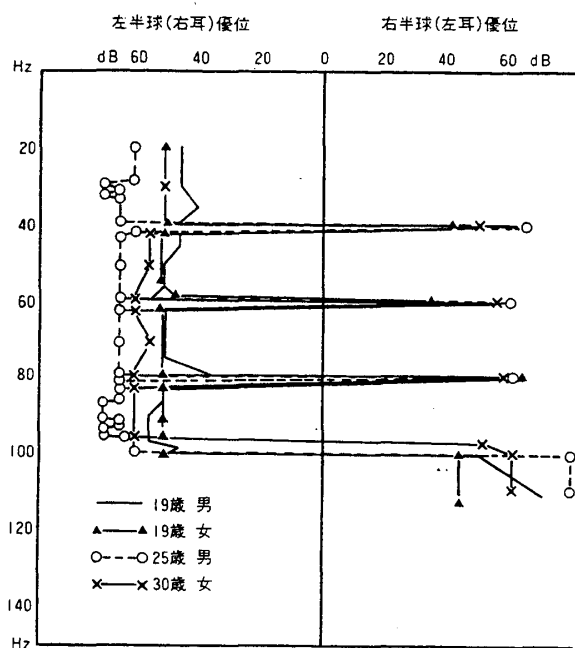


図7 100個の組み合わせ音の優位性的特徴

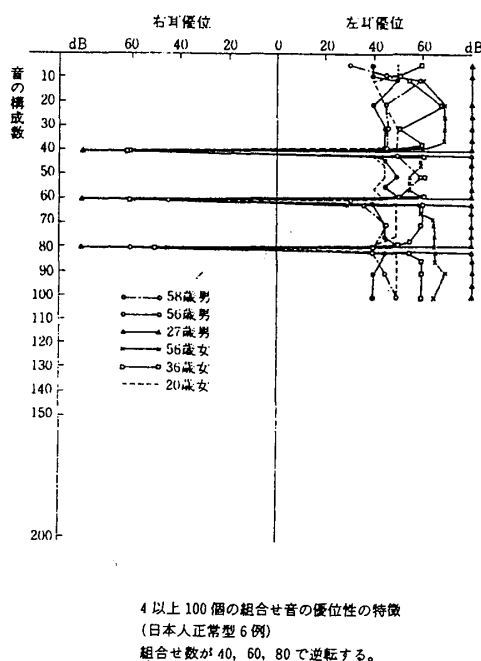


図8 日本人正常者の40系の周波数の精度

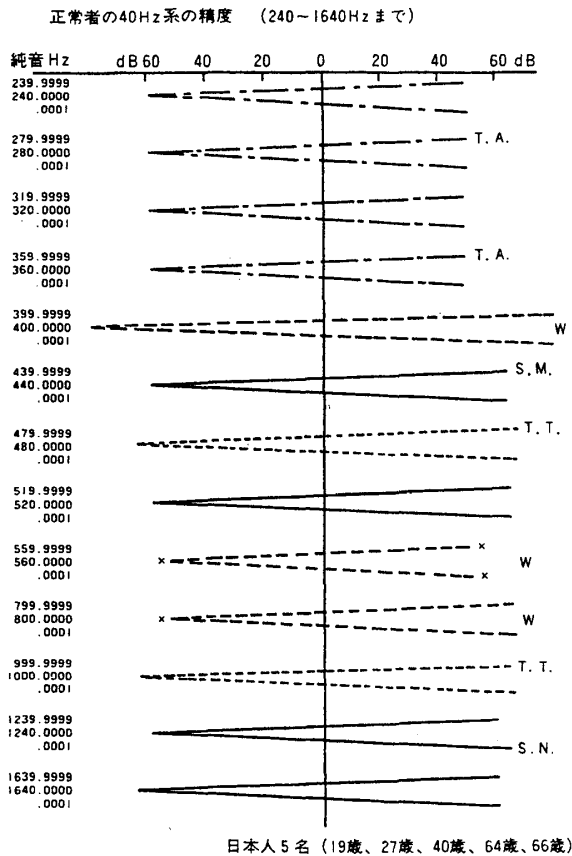
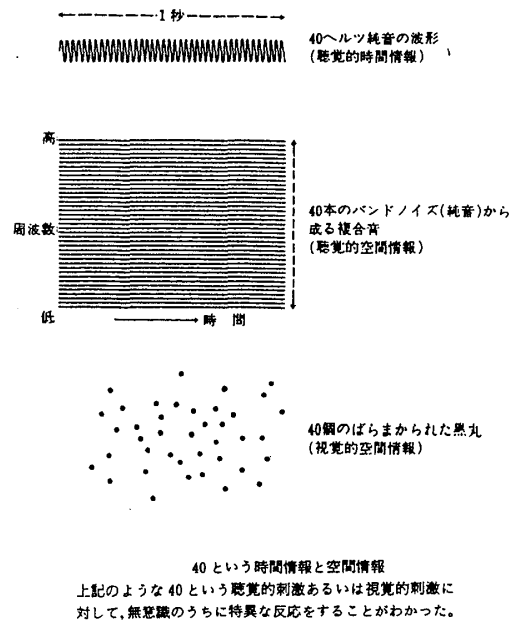


図9 40の時間と空間情報の統合



## 9 人脳の基本時間1秒の精度

1990年代よりデジタル発振器の精度が向上して、小数点以下6位までの精度を持つ純音が実用的に使用できるようになった。そこで、40, 60系の周波数分解能を求める研究に入った。

まず、240, 280, 320, 360, 400, 440, 480, 520, 560, 800, 1000, 1240, 1640Hzの13周波数について、10Hz, および10Hzの精度の発振器(横河ヒュウレット。パカード社製3325-B-op-001)を使用して、実験を反復試行してきた。

その結果は、例えば、440.000000Hzの純音は右耳優位を示すが、439.999999Hz以下か、440.000001Hz以上の純音は左耳優位を示すか、発振現象に移行した。

上述の全ての周波数について10Hz以上の精度の分解能を持つことが判明したので、人

脳の基本時間は  $10^6$  より高い精度を持つことは明らかである。脳内基本時計が  $10^6\text{Hz}$  より高い精度を持つということは、この起源は時計の使用によって後天的に獲得したものではなく、人は先天的、根源的に1秒の基本時計を持つと考えざるを得ない。ここから、人が恣意的に定めた物理学的1秒と、人に備わった根源的な1秒の長さには、ずれがあるに違いないという発想が生まれ、1993年より根源的1秒の長さを求める研究を進めてきた。最初に、熟練した被験者7名に、各人が現在使用中の腕時計を身体各部に当てて優位性への影響を調べた。前額中央に時計を当てたときに限って、正常な優位性の型が崩れて、発振現象に移行することが分かった。この前額部中央の限局した部位はF点と名付けたが、ここは精緻な時間感受部位としてこれまでに利用してきた場所である。一般に行われている、聴覚の研究や実地の骨導聴力検査で骨導レシーバを装着する部位と一致する。各例について、最大100種の時計をF点に負荷した状態で優位性テストを行うと、何れの場合も例外なく発振現象に移行した。

40, 60系の周波数分解能の実験で示したように、人脳に備わる基本時計1秒の精度は  $10^6\text{Hz}$  以上の精度を持つと推測される。市販の時計をF点に負荷しても、異常な発振現象に移行して、固有の時計の精度とは合致しないことを示している。従って、人の脳に備わる基準時間の起源を時計に求める根拠は失われる。

F点に時計の代わりに骨導レシーバを通してYHP 3325B-001シンセサイザーの  $1.000000\text{Hz}$  の三角波を負荷したときには、正常な反応を示したが、F点の負荷音を  $1.000001\text{Hz}$  以上か、 $0.999999\text{Hz}$  以下にすると発振現象に移行した。

これらの結果は、脳内時計の精度は  $10^6\text{Hz}$  よりも優れていると言える

すなわち、脳内の基準時計の1秒は  $10^6\text{Hz}$  の精度で現行の物理的基準の1秒とマッチしているといえる。

恣意的に決められた物理的1秒の基準と脳内時計の間には、必ずギャップがあるはずである。将来、より精度の高い発振器を使用できるようになれば、今回用いたF点に1Hzを負荷する方法によって、正常の人の脳内基本時間の1秒と現行の物理的1秒の基準  $1.0000000\ldots\text{Hz}$  とのギャップは正確に計測できる可能性がある。

## B 人の脳内の時間の所在

### 1 人脳に組み込まれた基本1秒の証明

物理学の世界では絶対時間や絶対空間の概念は長らく否定されているといわれるが、一般

の人にとっては連続性を持った確かな流れというイメージは捨てきれない。現在、生物の世界で時間感覚として取り上げられているのは、本川達夫氏の著書「ゾウの時間 ネズミの時間」で提唱された相対的な時間の概念と、時間生物学で扱われている人では1日25時間の周期を持つとされる時間である。生理学的に証明された視交差上核にある体内時計の1日約25時間の周期（人）は地球公転の24時間より1時間長いが、通常は、光その他の要因で、24時間リズムにリセットされている。

元々平均太陽日の1/86400と決められた1秒の長さは、その後、精度と変動を考慮して、1967年の国際度量衡委員会で改訂された。私の提唱している人の脳内基準時間1秒はツノダテストで脳センサーの反応に現れ、太陽系の運行と正確に同期する年輪系、日輪系などと起源は変わらない。

幾世代にもわたって、時計を基準に生活を営んできた現代人は、1秒を基準にした時間感覚を持っているが、科学の世界では実在しないとされている。しかし、人の脳センサーへのアプローチによって、無意識で行われている、高次の統合的な機構の一部が明らかになり、この機構を正常に保つには、基本時計1秒の存在は不可欠であり、その精度は1.000000Hz以上である。

## 2 手の交差による時間の逆転-脳の中の時間-

コンピュータには1000万以上のトランジスタが働いているが、これらは、同期用の時計によって情報処理の制御を受けている。一方、1000億ともいわれる人脳の神経細胞は、コンピュータでは出来ない高次機能を発揮しているにも関わらず、膨大な神経細胞群を制御する時計の存在は見つかっていない。

人の脳の中の時間の存否の問題を解決するために、2002年に発表された北沢の研究は興味深い。

彼は日本人の被験者に右手と左手を交差させずに前に出させ、まず、右手に先行刺激を与え、左手には一定の時間差をつけて刺激し、時間順序が脳でどのように判断されるかを求めた。

その結果は、手を交差させなかったときには、右手先行は0.1秒の差があれば、確実に正答した。右手刺激は左脳の左の一次体性感覚野に、左手刺激は右の一次体性感覚野に伝達される。この手と左右の一次体性感覚野までの情報の経路は変わらないはずであるのに、いま、手を交差させると、刺激時間差が1秒以上あれば、ほぼ正確に判断できたが、0.3秒以内に短くすると、時間順序判断が逆転した。

この結果から、北沢は入力信号の時間順序そのものを判断するセンターは脳には無く、まず、入力信号の空間配置の情報を加えて、刺激が空間内のどこにあるかを計算したうえで、初めて時間の順序の処理が始まると解釈した。

北沢の研究は手の感覚刺激と脳の神経経路を考慮に入れて、脳内時計の存否を検討した意欲的な研究である。両手を交差したときに、感覚経路に変化がなければ彼の結論は成立するが、実際にはどうなっているのだろうか。

私はツノダテストに熟練した、日本人被験者6名に、両手を交差したときと、非交差の条件で脳の優位性にどのような変化がみられるかを検討した。

実験被験者はテストに熟練した、男5名、女1名。年齢は23, 26, 32 (女)、40, 42, 77歳である。男2名は逆転正常型、他の4名は正常型である。

#### 実験1 両手が非交差のときのツノダテストの結果

両手を約0.25m離して、前方に伸ばし、その位置に置かれたキーを右手の示指で3-3(。。。。。。)のリズムを打叩させる。打叩で発生する検査音の持続時間は75ミリ秒として、レシーバで与えられた、右耳の音に注目し、左耳から200ミリ秒の遅延妨害音を与えて競合状態とする。(角田法を参照)。検査音は言語音として、母音/あ/、と子音/た/を、非言語音としてホワイトノイズを用いた。子音/た/の場合はコピー法を用いた。次に、左示指打叩、左耳に同期音を聴かせ、右耳より遅延音を与える方法によった。

##### 結果

正常型4名の結果は、持続母音/あ/と/た/は右耳50dB以上優位、ホワイトノイズは左耳が50dB以上優位となり、通常と変わらない日本語人の正常型を示した。一方、逆転型の2名は、持続母音/あ/と/た/は50dB以上左耳優位、ホワイトノイズは50dB以上右耳優位の逆転正常型を示した。

打叩を両示指で同時に協調させて行っても成績に変わりはない。

以上の成績は、これまでの長期間の実験事実と矛盾しない。

#### 実験2 両手を交差させたときのツノダテストの結果

実験1の後に引き続いて行った。

両手を交差させて、約 0.25m 離しておく、右示指で左側にあるキーを打叩して、右耳より同期音を聴かせて、ツノダテストを行う。手を交差させた以外は実験 1 と同じ条件で行った。検査音は非交差の条件と同じ材料を使用した。

## 結果

正常型の 4 名ではホワイトノイズは、全例が 50 dB 以上右耳優位、母音と子音/た/は 50 dB 以上左耳優位を示した。また、逆転型の 2 名では右耳は母音/あ/ と /た/に対して 50 dB 以上優位、ホワイトノイズは左耳 50 dB 以上優位を示した。

打叩を両示指で同時に協調させても、同様の結果を示した。

以上のように、単純に手を左右交差させることで、優位性は左右が完全に逆転した。

## 3 両手交差による優位耳逆転の意味

既にスイッチ機構については詳述したが、表 1 に示すように、日本語人は非言語音は左耳（右脳）優位を示すが、言語の負荷、情動刺激などによって言語側優位に逆転する。言語音であっても、倍音ひずみの豊富な音型にすると非言語脳優位に切り替わる。しかし、実験 2 の手を交差させたときに見られた、優位性の左右逆転する現象は全く異なったメカニズムによるものである。

私がこのような現象に遭遇したのは、1984年9月10日のことであった。私を含めた 4 名の被験者は午後の実験で、それまでの結果と正反対の逆転を経験した。これを契機に連日反復検査を続けていると、9月18日の正午から6時間にわたって逆転現象が見られた。このような長期間の追跡によって、これらの逆転現象は月齢と正確に同期して現れることを確かめた。9月10日は満月、18日は下弦に相当した。月齢と同期して出現する優位性の逆転は、満月の時に最も長く続き、新月、上弦、下弦にも見られた。

月齢による変化は、その後も追跡しているが、2004年のいまでも変わらない。

月齢による優位性の逆転は規則的に現れるので、この逆転のメカニズムを明らかにするために、1980年代に新しい実験を反復してきた。まず、ツノダテストに用いたすべての言語音、感情音、環境音、楽器音、非言語音を使って、逆転期には左右の優位耳が例外なく左右が入れ替わっていることを確認した。

また、言語音負荷、情動刺激をした場合には、非言語音の優位性は右耳から左耳優位に変わるが、言語音は左耳優位のままで変わらないことも確認した。このように、左右の優位性が完全に逆転したときに負荷実験によって、言語音の左耳優位の性質は変わらなかった

ことは、言語音は左耳と左半球、非言語音は右耳と右半球という非交差神経の経路が優位になった状態と考えざるを得ない。すなはち、左右の逆転現象は非交差線維が交差神経線維よりも優位の状態になっていることを示す。

さらに確実な証明法として、左右の脳半球を左右別に外部から直接刺激する方法を応用した。1981年に著者の開発した左右別頭蓋の温熱刺激法である。

国際脳波学会基準の脳波の導出部位と、側頭部の言語野を加えた27点について、一点ごとに、40度Cの限局的加熱を3分間続け、その後の純音の優位性を求める方法である。正常な時に行った正常型の左側頭部の温熱刺激は純音の優位性の左耳から右耳への逆転を起こすが、母音は右耳優位のままで変わらない。正常型の人では右側頭部の刺激では反応は示さないことが多く、加熱時の両半球の反応は著しく非対称的であった。

本来は正常型であるが、月齢期と同期して逆転現象を示した時に、この温熱実験を行うと、左頭蓋の温刺激によって、非言語音は右耳から左耳優位に変化した。言語音の左耳優位の性質は変わらなかった。また、右頭蓋の刺激では変動は見られなかった。この実験でも、見かけ上の左右耳の優位性の逆転があっても、言語機能の左半球の優位性に変化はなく、脳幹スイッチの働きが非交差神経優位に働くことを示すものである。

ツノダテストによって、両手を前で単純に交差させると、脳幹スイッチ機構は交差神経優位から非交差神経優位に切り替わるが、このスイッチ機構は運動系、感覚系の全てと連動して働く性質を持っているから、北沢の行った実験で手の交差によって、時間順序判断が逆転したことは、手と一次体性感覚野の連絡が交差から非交差に切り替わったために起こった現象であるといえる。従って、手を交差させたときには、右手に与えられた刺激は右の体性感覚野に伝えられるから、時間差が少なければ、これを左手からの刺激として時間順序判断が逆転することは容易に理解される。

手の単純な交差によって、無意識で働く脳のスイッチ機構を逆転させる現象は、これまで予期しなかったことである。この現象を手がかりとして、他の手法でも、脳のスイッチ機構の存在を証明することは可能になるであろう。私は基本時間の研究に新しい面が拓けてくることを期待している。

## C 人の脳にある18日系について



## 1 18日系の発見とその経過：

脳幹センサーは太陽系の運行と同期するシステムであるから、可聴域の100~1000000Hz のなかに、年輪系、以外に何か新しい未知の系が特定の周波数として存在しないものであろうか。

1992年より、100Hz以上4000Hzまでの総ての周波数を1Hzごとに、優位性の測定を続けてきた。被験者は私自身(T.T)ではじめたが、同年6月15日にT.T例は678Hzの純音が右耳優位であることを見つけた。未知の系であれば周期性を示す可能性があるので、毎日追跡していった。6月25日の午前中に1Hz上昇して679Hzに切り替わった。

次に、679Hzを基準にして、その周期を求めて、連日測定を続けたが、18日後の7月13日午前中に1Hz上昇して680Hzになった。この間にある程度の連続テストに協力していただける2名の被験者について、右耳優位の純音を探って、見つけることが出来た。3名の周波数はT.T例が、679Hzのときに、M.T例の676Hz、Y.H例の493Hzとそれぞれ異なった周波数を持っていた。18日後の7月13日の午前中にそれぞれ1Hz上昇して、680Hz,677Hz,494Hzになった。これを18日系と名づけた。

その後の追跡によって、18日後の7月31日午前中に3例とも1Hz増加することを確認した。以後、8月18日、9月5日、23日、10月11日、29日、11月16日、12月4日、22日、1993年1月9日、27日、2月14日、3月4日、22日、4月9日、27日、5月15日、6月2日、20日、7月8日、26日、8月13日、31日、9月18日、10月6日、24日、11月11日、29日、12月17日、1994年1月4日、22日、2月9日、27日、3月17日（3名の周波数は714Hz,711Hz,528Hz）まで正確に18日の周期的変化を示した。以下の記録は省略する。

## 2 18日系の変動と地震活動：

3例の被験者のうちの1名は全経過を毎日連続して測定してきたが、1994年3月28日より18日系の数値は大きく変動し始めた。他の2名も適宜に計測して同じ傾向の変動を確認してきた。1996年始めまでの間に18日系の周波数は予定値より増大、下降を不定期に繰り返してきたが、この間に、日本とその周辺にはM：7以上の地震は1993年6月9日、ボリビヤ（M：8以上）、7月22日、日本海北部M：7.6、10月4日、北海道M：7.9、12月28日三陸はるか沖M：7.5、1995年1月17日、阪神大震災M：7.2、5月27日、サハリン北部M：7.6、等があった。

脳センサーの無反応の時期の出現と18日系の特徴：

脳センサーによる地殻ストレスの観測を開始してから20余年になるが、これま

での観測では、地殻ストレスの出現によって脳センサーは異常に過敏となり、発振現象に移行する。そして、地震の発生によってストレスが消失すると、直後に正常の反応に戻ることを繰り返してきた。興味深いことに、1995年5月27日より8月16日までと10月14日から18日の間には発振現象と逆に、総ての言語音と非言語音が無反応となり、優位性を検出する事が不能となったことである。すなわち、センサー機能が働かない負の状態となったが、例外的に、18日系だけは発振現象を示し、変調した周波数としてを検出することが出来たことである。

この期間に出現した地殻異常は、遠隔地に出現したことが注目される・サハリン北部、M:7.6、7月12日中国ミャンマM:7.2、8月16日、パプアニューギニアM:7.8、10月18,19日鬼界島M:6.5、6.7。

18日系の本態は不明であるが、その後大きな変化をしながら2004年9月まで続いている興味深いシステムである。

### 3 18日系の特長とまとめ

1) 18日系は1992年の発見以来12年を経た。この系の発見の経緯からも知られるように、実験に熟練した個人の脳センサーから抽出した、個人に固有の周波数である。この周波数のテストでは、被験者は言語音以上に優位性を明確に自覚できるという特徴を持つ。

2) 被験者の全員が、予定された18日周期の当日の午前7時15分頃に新しい18日系に移行した。また、18系は1340Hz幅の層状構造をしている。T.T.例で示すと、924Hzのとき、2264, 3604, 4944, 6284, 7624, 8964, 10304Hz.....

さらに、将来予期される-416Hz、-1756Hz....の各周波数がヒモのように繋がって一斉に1Hzずつ繰り上がる。

3) 長期間の観察によって、18日系は地震発生前の地殻ストレスによって発振現象に移行することがあるが、地震発生によって地殻ストレスが消失すると、本来の18系の周波数に戻り、もとのリズムを刻んできた。。

1995年11月19日は18日系の切り替わり予定日であったが、1日遅れて20日に切り替わった。ここから長く続いた18日の周期は19日に切り替わり、以後12月9日、28日、1996年1月16日.....と19日周期となり、1998年5月20日まで続いた。それ以後は、再び18日周期に戻っている。

4) 18日、19日の周期を示す原因は不明である。年輪系、月齢などに似た周期性を示しているが、宇宙空間には18日、19日周期の実体は見当たらない。18日系の反応は明確で、地殻ストレスの影響を受けやすいこと、特に、地殻の異常なストレスでツノダテストが無反応の状態になったときにも、

18日系だけは異常な状態で反応を示していたことなどから、われわれが両足で接している地球と最も深いかかわりを持つシステムと推測される。

地球内部、または表層にあって、未だ発見されていない18日周期の実体か情報が存在する可能性を示している。

#### おわりに

この研究は1965年に、検査音として使った持続母音が、言語音として処理されるという発見から出発した。40年を経た今も、私は自然に発声されたアナログの持続母音の使用にこだわっている。音声研究の長い歴史のなかで、単純な母音はすでに研究し尽くされたかのようなのであるが、私は自然の母音のなかに、未だ重要な情報が潜んでいると考えている。日本人の脳の特徴も母音研究の延長上で見つかったものである。

最近の言語音を扱った脳の研究は、合成音声を使用した高次の機構の解析や実用的な方向に向かっている。然し、合成音声は脳のセンサーからみると、完全に自然の音声に置き換わったものとはいえない。

最後に取り上げた、18日系は未知のシステムであるが、その本態は何であろうか、人との繋がりはどこにあるのか、特に、人の音声との関係は今後確かめておきたいテーマである。

現代の目覚ましい最先端科学の時代に、コンピュータの実用化以前の方法が30年以上も生き延びてきたことは誠に不思議なことである。

しかし、一見、極めて曖昧に見える人間の行動が、総体として、運動と聴覚のフィードバック系を使ったときには、無意識のレベルで働く自動スイッチという最高のコンピュータにアクセスして、最も精緻な分解能を求めることが出来る。

この研究はPenfieldの中心脳説と合致することが多い。脳幹を中心として働くスイッチ機構は、言語と非言語の選別以外に、無意識で働く脳センサーとして、太陽系の運行と同期していることが注目される。

人の脳には、1秒の時間基準が存在することを、私は20年前から実験的に証明してきた。然し、物理学ではその存在は否定的であるといわれるが、人の無意識のレベルでは、正確な1秒の基準時計は働いているので、一般の人が時間の存在を実感しているのは当然のことといえよう。

私の研究は、現代の脳科学では見つけられなかった、人の自動スイッチ機構を扱ってきたので、脳研究の主流とは、離れた道を辿ってきた。接点をどこに求めるか苦慮してきたが、2001年の北沢の研究は、人を対象に、神経学的なアプローチによって、脳のスイッチ機構に遭遇した初めての試みといえよう。

これを契機に皮質下にスイッチ機構の存在する事実と重要性が認識されて、この領域での研究が活発に推進されることを願って止まない。

主要文献

Yamamoto S. Kitazawa S: Reversal of subjective temporal order due to arm crossing Nature Neuroscience 4; 759-765 2001

Tsunoda T.

Tsunoda's method -A new objective testing method available for the orientation of the dominant cerebral hemisphere towards various sounds and its clinical use

Ind. J. otol. 18; 78-88 1966

Tsunoda T: Asymmetry of the human autonomic nervous system under stimulation of the head by heat

Proc.Japan Acad, 58;123-126 1982

Tsunoda, T: Cerebral dominance and significance of a sub-conscious sensor for detecting auditory signals.

Int. Neuro-sciences. 147;149-158 1989

角田忠信 日本人の脳 1978; 続日本人の脳、脳の発見、  
The Japanese Brain 1985 大修館 東京

角田忠信 脳センサー 地震の可能性を探る. 丸善 1987

角田忠信 右脳と左脳 脳センサーで探る意識下の世界 小学館 1992

角田忠信 他 人脳に備わる1.0000000032Hzの基本時計.  
医学と生物学 127; 151-155 1993

角田忠信 周期的変動を示す新しいヒト脳のシステム  
医学と生物学 130; 59-62 1995

角田忠信 左右脳と和洋音楽 臨床精神医学 増刊号  
芸術療法と表現病理 27-41 2001

菊池吉晃 聴性反応からみた聴覚系の左右差.

Audiology Japan 26; 699-1983

菊池吉晃、角田忠信 聴性誘発反応の左右差と角田法との比較研究.

Audiology Japan 28; 725-738 1985

若杉直俊 日本人における音楽聴取時のポジトロンCTによる大脳半球代謝についての検討.

日大医誌 53; 125-132 1994

田中吉資 Lateral eye movementの研究. - 中国人の脳、日本人の脳-

日本心理学会第51回大会発表論文集 723; 1992